

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie

Zentralabitur 2016

Physik
Grundkurs

Aufgaben
für Prüflinge

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung A **für Prüflinge**

Inhalt:	**Elektrische Felder**
Titel:	**Kondensatoren retten Leben**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Kondensatoren retten Leben

Auf Flughäfen, Bahnhöfen und an vielen anderen öffentlichen Orten findet man Defibrillatoren, kurz auch Defis genannt. Mit einem solchen Defibrillator kann man ohne medizinische Ausbildung im Fall eines drohenden Herztodes Erste Hilfe leisten. Die Hauptursache für den plötzlichen Herztod ist ein Herzkammerflimmern, das zum Herzstillstand führt. Defibrillatoren erzeugen einen Elektroschock, um das Herz wieder in seinen normalen Rhythmus zu versetzen.

In den folgenden Aufgaben wird untersucht, wie mit Hilfe von Kondensatoren die notwendige Energie für die Elektroschocks zur Verfügung gestellt werden kann und warum auch medizinische Laien Defibrillatoren einsetzen können.



Abbildung 1: Hinweisschild im Sport Club Siemensstadt

Aufgaben:

		BE
1	Bestimmen Sie die maximale elektrische Ladung und die maximale elektrische Energie, die in dem Kondensator des Defibrillators gespeichert werden können.	10
2	Berechnen Sie die Halbwertszeit für das Entladen des Kondensators während eines Elektroschocks. Vergleichen Sie diese Halbwertszeit mit der üblichen Dauer eines Stromstoßes beim Einsatz des Defibrillators.	7
3	Erläutern Sie den Einfluss, den die Ladespannung des Kondensators und die Dauer des Stromstoßes auf die Energie des Elektroschocks haben. Berechnen Sie die Spannung, mit der der Kondensator in dem Defibrillator geladen werden muss, damit in dem Kondensator eine Energie von E = 300 J gespeichert wird.	13
4	Untersuchen Sie für den im Material 2 dargestellten Stromstoß der Dauer t = 6 ms, ob die von dem Kondensator an das Herz abgegebene elektrische Energie noch zulässig ist.	8
5	Viele Menschen haben Vorbehalte und Ängste und zögern bei der Ersten Hilfe einen Defibrillator einzusetzen, auch wenn sich dieser in unmittelbarer Nähe befindet. Begründen Sie, warum es sowohl notwendig als auch für Laien möglich ist, im Fall eines vermuteten Herzkammerflimmerns unverzüglich einen Defibrillator einzusetzen. Erklären Sie zwei Verhaltensregeln, die beim Defibrillieren zu beachten sind.	12

Materialien

Material 1: Grundprinzip und typische Daten

In einem Defibrillator befindet sich ein Kondensator, der mit einer sehr hohen Spannung aufgeladen wird. Es werden zwei Elektroden auf den Brustkorb des Patienten geklebt. Nach einem Knopfdruck entlädt sich der Kondensator und gibt dabei seine gespeicherte elektrische Energie als Elektroschock an den Patienten ab. Durch das Herz fließt für sehr kurze Zeit ein starker elektrischer Strom. Dieser Stromstoß ist erfolgreich, wenn das Herzkammerflimmern beendet wird und das Herz wieder beginnt regelmäßig zu schlagen.

Kapazität des Kondensators	50 µF
maximale Spannung des Kondensators	4000 V
maximal zulässige Energie des Elektroschocks für einen erwachsenen Patienten	360 J
übliche Dauer eines Stromstoßes	ca. 10 ms
Widerstand zwischen den Elektroden bei einem erwachsenen Patienten	ca. 100 Ω

Material 2: Zeitlicher Verlauf der Spannung beim Einsatz eines Defibrillators

Beim Einsatz eines Defibrillators wird der Kondensator nicht vollständig entladen. Das Diagramm in Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung bei einem möglichen Stromstoß.

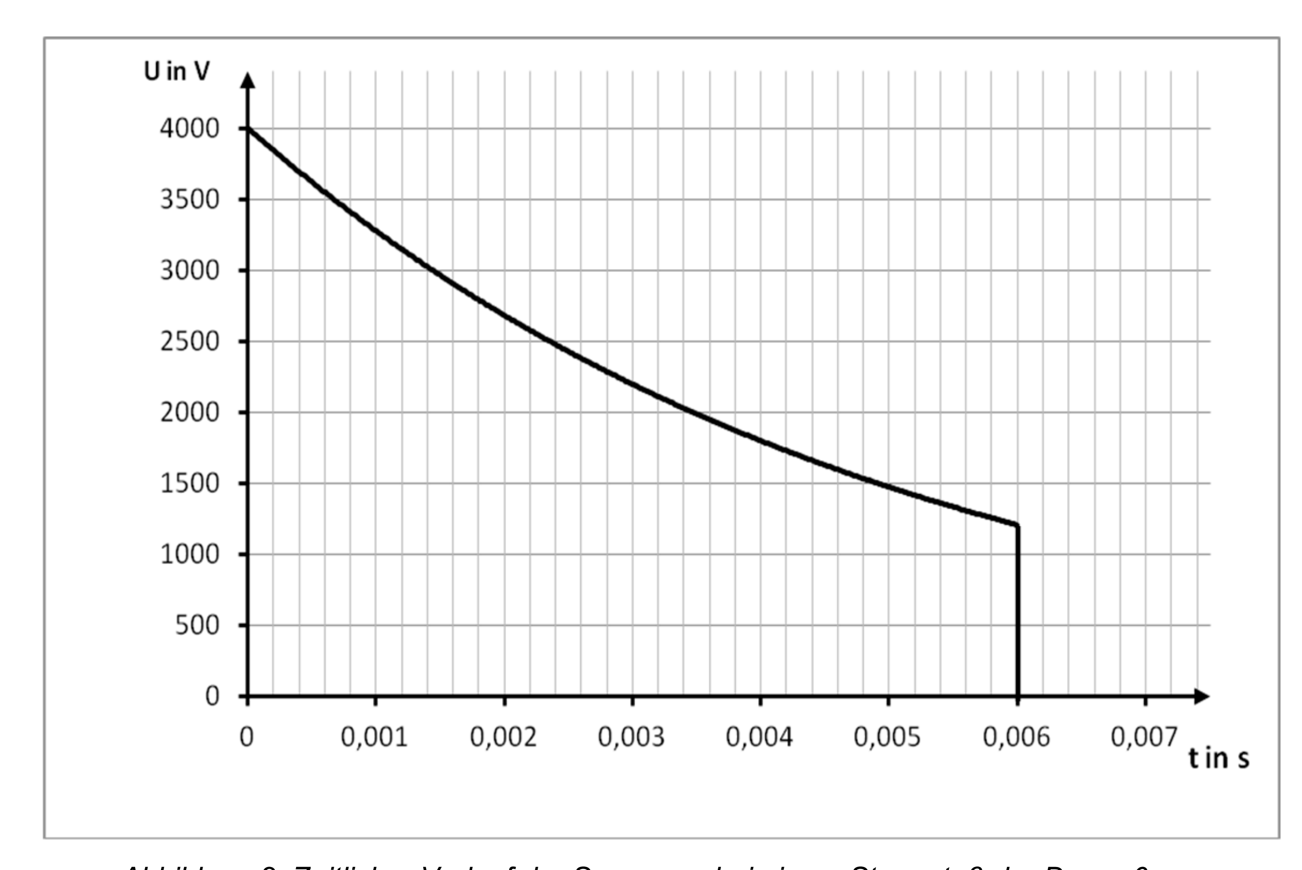


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Spannung bei einem Stromstoß der Dauer 6 ms

Material 3: Wichtige Gleichungen

Halbwertszeit T_{halb} für das Entladen eines Kondensators	$T_{halb} = R \cdot C \cdot \ln 2$	R ... Widerstand C ... Kapazität
elektrische Energie E_{el}, die in einem Kondensator gespeichert wurde	$E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$	

Material 4: Einsatz von Defibrillatoren für die erste Hilfe durch Laien

Bei einem plötzlichen Herzkammerflimmern wird das Gehirn des Patienten bereits nach 5 Minuten dauerhaft geschädigt, nach 10 Minuten sind ca. 95 % der Patienten tot. Die Zeit zwischen einem Notruf und dem Eintreffen eines Notarztes liegt in Berlin bei ca. 8 Minuten.

Die einzigen Möglichkeiten der ersten Hilfe sind die Herz-Druck-Massage und der Einsatz eines Defibrillators. Durch die Herz-Druck-Massage kann jedoch das Herzkammerflimmern nicht beendet werden. Für die erste Hilfe durch einen medizinisch nicht ausgebildeten Laien gibt es spezielle automatische Defibrillatoren. Nach dem Einschalten geben diese Geräte mit Sprachbefehlen die notwendigen Anweisungen zum Einsatz. Der Ersthelfer muss die Elektroden auf den Brustkorb kleben und durch einen Knopfdruck die Automatik starten. Der Defibrillator macht selbstständig ein EKG und untersucht, ob tatsächlich ein Kammerflimmern vorliegt. Erst dann wird der Elektroschock automatisch ausgelöst.

Bei der Defibrillation sind einige Verhaltensregeln zu berücksichtigen:

- Bei Nässe den Patienten möglichst auf eine trockene Unterlage legen,
- vor der Befestigung der Elektroden eventuelle Pflaster oder starke Brustbehaarung entfernen,
- während des EKG den Patienten nicht berühren und
- bei Schockabgabe den Patienten nicht berühren.

Quellen:

1 Foto: Aufgabenentwickler

2 Schönegg, Martin: Impedanzunabhängige Defibrillation mit physiologischer Impulsform. Karlsruhe 2008, Fundstelle: http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:swb:90-114879 (gesichtet am 5.10.2014)

3 Gerd Fröhlig, Jörg Carlsson, Jens Jung, Walter Koglek, Bernd Lemke, Andreas Markewitz, Jörg Neuzner: Herzschrittmacher- und Defibrillator-Therapie, Indikation - Programmierung - Nachsorge. Stuttgart 2013

4 Hugo Karel Van Aken, Konrad Reinhart, Tobias Welte, Markus Weigand: Intensivmedizin. Stuttgart 2014

5 Helmar Weiß: Automatisierte Defibrillatoren für Ersthelfer und Laien? https://www.thieme.de/viamedici/aktuelles-medizin-und-wissenschaft-1650/a/defibrillatoren-fuer-laien-5289.htm (gesichtet am 26.11.2015)

6 Automatisierte Defibrillation im Rahmen der betrieblichen Ersten Hilfe, Fundstelle: publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-5163.pdf (gesichtet am 26.11.2014)

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B **für Prüflinge**

Inhalt:	**Elektromagnetischer Schwingkreis und Induktivität einer Spule**
Titel:	**Ortungsgerät**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Schülerexperiment und Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Experimentiermaterial:	Pro Arbeitsplatz: Wechselspannungsgerät (50 Hz) eine Spule (z.B. mit 1000 Windungen) ein Spannungsmessgerät ein Stromstärkemessgerät Verbindungskabel in ausreichender Anzahl
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Ortungsgerät

Moderne Ortungsgeräte für Heimwerker sind in der Lage, Eisenmetalle und Nichteisenmetalle in Wänden aufzufinden und somit ein Anbohren von Wasser- oder Stromleitungen zu verhindern.

Als Sensor in einem Ortungsgerät wird eine Spule verwendet, die sich in einem Schwingkreis befindet. Das Ortungsgerät funktioniert nur dann zuverlässig, wenn die Spule richtig dimensioniert ist. Entscheidend sind die Abmessungen und die Induktivität der Spule. Die folgende Aufgabe beschäftigt sich mit der Funktion der Spule in diesem Gerät und den Möglichkeiten, deren Induktivität zu bestimmen.

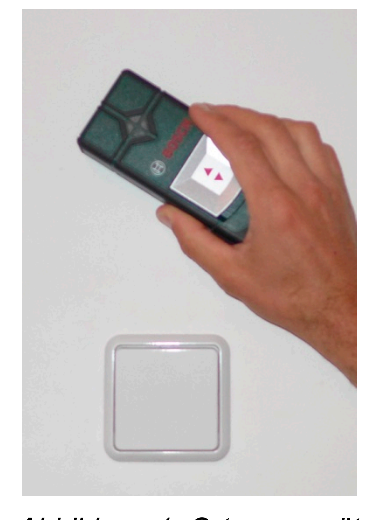


Abbildung 1: Ortungsgerät

Aufgaben:

		BE
1	Beschreiben Sie den Aufbau eines Schwingkreises. Erläutern Sie die Funktion der Spule bei der Entstehung einer elektromagnetischen Schwingung.	**8**
2	Erklären Sie ein mögliches Funktionsprinzip des Gerätes bei der Auffindung von Metallgegenständen in Wänden. Begründen Sie zwei Hinweise in der Bedienungsanleitung zu den möglichen Beeinträchtigungen der Messergebnisse.	**8**
3	Berechnen Sie die Induktivität einer verwendeten Spule, die notwendig ist, um in einem Ortungsgerät bei einem verwendeten Kondensator der Kapazität C = 1 nF eine Schwingung der Frequenz f_0 = 700 kHz zu erzeugen. *(Kontrollergebnis:* $L = 5{,}2 \cdot 10^{-5}$ H)	**7**
4	Zeigen Sie durch eine begründete Abschätzung der Induktivität der in die Leiterbahn geätzten Flachspule (siehe Abbildung 4), dass diese passend gewählt ist.	**6**
5	**Schülerexperiment**	**21**

Bei der Herstellung von Spulen muss die genaue Induktivität gemessen werden. Für diese Messung gibt es verschiedene experimentelle Möglichkeiten. Zwei Messverfahren sollen genauer betrachtet werden.

Bestimmen Sie die Induktivität einer Spule

a) aus den geometrischen Abmessungen und der Windungszahl und
b) durch die experimentelle Bestimmung des Wechselstromwiderstandes.

Der ohmsche Widerstand der Spule soll hierbei vernachlässigt werden.

- Ermitteln Sie die Abmessungen der Spule.
- Entwickeln Sie einen Schaltplan für die Bestimmung des Wechselstromwiderstandes.
- Bauen Sie die Schaltung auf.
- Nehmen Sie ein Messwertpaar zur Bestimmung des Wechselstromwiderstandes der Spule auf.
  Die Frequenz der Wechselspannung beträgt f = 50 Hz.
- Berechnen Sie die Induktivität einmal aus den Messwerten für die Abmessungen mit der Formel für die lange gerade Spule und einmal aus dem Wechselstromwiderstand.
- Vergleichen Sie die beiden Induktivitäten miteinander.
- Geben Sie zwei Ursachen für die Abweichung beider Werte an.

Sollte Ihnen das Aufnehmen von Messwerten nicht gelingen, so können Sie bei der Lehrkraft Hilfen oder Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden dann Bewertungseinheiten abgezogen.

Materialien

Material 1: Aufbau und Verwendung des Ortungsgerätes

Das Ortungsgerät enthält einen Schwingkreis, der auf einer Leiterplatte in eine elektrische Schaltung eingebaut ist. Bei der Suche nach Metallgegenständen in einer Wand wird die flache Rückseite des Ortungsgerätes an die zu untersuchende Stelle gehalten. Anschließend wird das Gerät langsam an der Wand hin und her bewegt.

Material 2: Betriebsarten und Arbeitshinweise in der Bedienungsanleitung

Die Messung erfolgt durch die Analyse der Eigenfrequenz des Schwingkreises im Detektor. Eine Signalleuchte zeigt das Ergebnis der Auswertung an.

Signalleuchte	**Erklärung**
Grün	kein Objekt gefunden
Gelb	- Metallobjekt in der Nähe des Sensorbereiches - kleines oder tief liegendes Metallobjekt im Sensorbereich - Beeinträchtigung des Sensors durch ungünstige Wandbeschaffenheit
Rot	Metallobjekt innerhalb des Sensorbereich

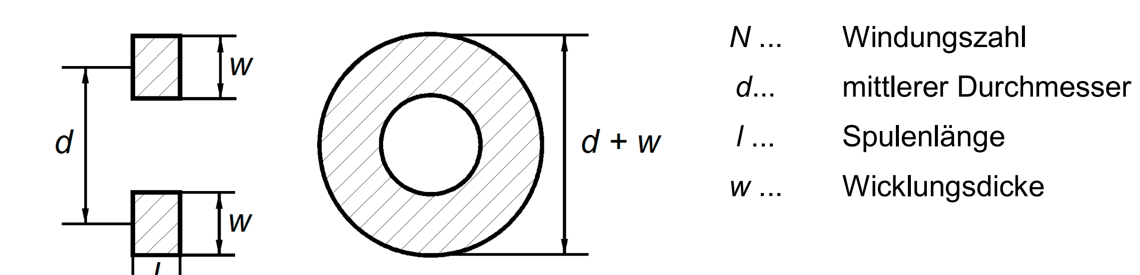
Tabelle 1: Betriebsarten des Ortungsgerätes

In der Bedienungsanleitung finden sich die folgenden Arbeitshinweise:

„Die Messergebnisse können prinzipbedingt durch bestimmte Umgebungsbedingungen beeinträchtigt werden. Dazu gehören z. B. die Nähe von Geräten, die starke magnetische oder elektromagnetische Felder erzeugen, Nässe, metallhaltige Baumaterialien oder Dämmstoffe sowie leitfähige Tapeten oder Fliesen".

Material 3: Induktivität von kurzen Spulen

Die Induktivität L einer kurzen Spule ohne Kern kann näherungsweise mit der Formel $L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{6{,}2 \cdot d^2}{3 \cdot d + 9 \cdot l + 10 \cdot w}$ bestimmt werden.

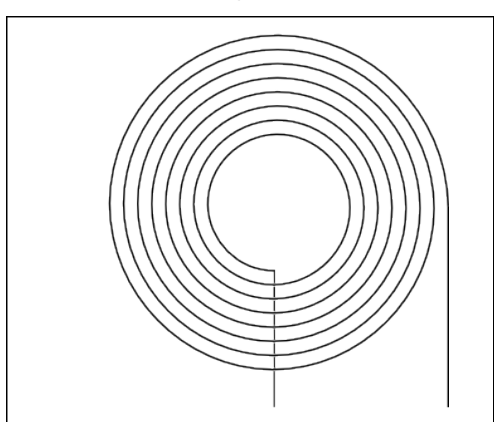
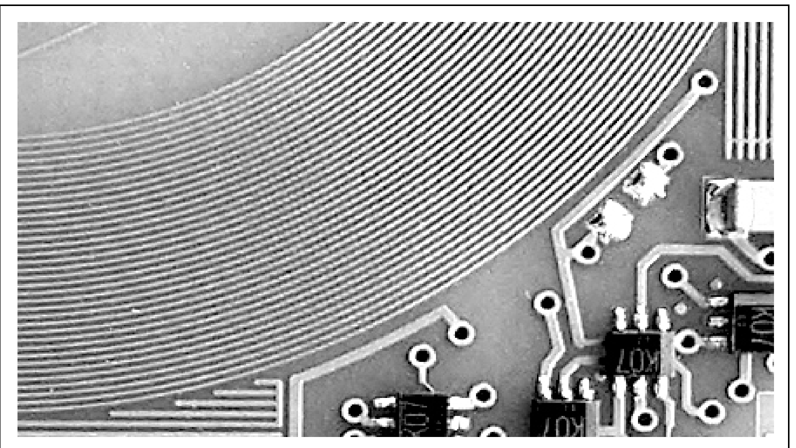


N ... Windungszahl
d... mittlerer Durchmesser
l ... Spulenlänge
w ... Wicklungsdicke

Abbildung 2: Schematischer Aufbau einer kurzen luftgefüllten Spule (Seiten- und Vorderansicht)

Material 4: Flachspulen

Die Spule im Ortungsgerät ist eine Flachspule, eine besondere Form der kurzen Spulen, die auf Leiterplatten aufgebracht werden können.

 *Abbildung 3: Schematischer Aufbau einer Flachspule*	 *Abbildung 4: Flachspule auf der Leiterplatte des Ortungsgerätes (vergrößerter Ausschnitt)* Durch Messungen an der Flachspule auf der Leiterplatte im Ortungsgerät wurden ein mittlerer Durchmesser von 3,2 cm sowie eine Wicklungsdicke von 8 mm ermittelt.

Material 5: Gleichungen und Größen

Induktiver Widerstand	$X_L = 2\pi f \cdot L$	*L* ... Induktivität einer Spule
Eigenfrequenz eines elektrischen Schwingkreises (ungedämpft)	$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$	*C* ... Kapazität eines Kondensators
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 1{,}2566 \cdot 10^{-6}\ \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$	
Induktivität einer langen geraden Spule	$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$	μ_0 ... magnetische Feldkonstante μ_r ... Permeabilitätszahl *N* ... Windungszahl *A* ... Flächeninhalt der Querschnittsfläche ℓ Länge der Spule

Quellen:

1 Bedienungsanleitung für PMD 7 der Robert-Bosch-GmbH

2 Grafiken und Fotos: Aufgabenentwickler

3 www.et-inf.fho-emden.de/~elmalab/bauelement/download/BdE_4.pdf vom 19.03.2015

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung C **für Prüflinge**

Inhalt:	**Quantenphysik**
Titel:	**Photoeffekt**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Photonenzähler

Als Albert Einstein 1905 das Modell der Photonen entwickelte, konnte er sich sicherlich nicht vorstellen, dass es einmal Geräte geben würde, die tatsächlich einzelne Photonen zählen können. Diese so genannten Photomultiplier arbeiten auf der Grundlage des Photoeffekts. Sie werden in der Forschung eingesetzt, um extrem kleine Lichtmengen zu registrieren. Wie es gelingt, den Photoeffekt bei diesen Geräten technisch umzusetzen, wird in den folgenden Aufgaben thematisiert.



Abbildung 1:

Photomultiplier mit einem Fenster für die Photonen auf der linken Seite

Aufgaben: **BE**

1 Erläutern Sie das von Einstein entwickelte Modell der Photonen. **9**

Erklären Sie mit diesem Modell, dass nur dann Elektronen aus Oberfläche eines Materials herausgelöst werden können, wenn das eingestrahlte Licht eine bestimmte Wellenlänge hat.

2 Erläutern Sie eine Messmethode, um die kinetische Energie der aus einer Kathode herausgelösten Elektronen zu bestimmen. **9**

Begründen Sie, dass die maximale kinetische Energie der herausgelösten Elektronen unabhängig von der Lichtintensität ist, die auf die Kathode eines Photomultipliers trifft.

3 Veranschaulichen Sie die Messwerte aus Tabelle 1 in einem Diagramm, welches die Abhängigkeit der maximalen kinetischen Energie der Elektronen von der Frequenz des eingestrahlten Lichtes darstellt. **10**

Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms das verwendete Material der Kathode.

4 Erläutern Sie für die verschiedenen Photomultiplier in Material 4 den Zusammenhang zwischen der Austrittsarbeit des Materials der Kathode und der empfohlenen maximal nachweisbaren Wellenlänge. **12**

Berechnen Sie die Geschwindigkeit der schnellsten ausgelösten Elektronen, wenn Licht der Wellenlänge λ = 650 nm in den Photomultiplier B mit einer Kathode aus Cs-Sb fällt.

5 Erläutern Sie, wie mit einem Photomultiplier einzelne Photonen nachgewiesen werden können. **10**

Analysieren Sie die Vorgänge in einem Photomultiplier, wenn mehrere Photonen gleichzeitig auf die Kathode auftreffen.

Materialien

Material 1: Grundprinzip eines Photomultipliers

Photonen werden mit Hilfe eines Photomultipliers dadurch gezählt, dass durch die Photonen Elektronen aus einer Kathode herausgelöst werden. Diese Kathode befindet sich direkt hinter dem Fenster, durch das die Photonen in den Photomultiplier gelangen (s. Abbildung 1).

Material 2: Messung der Energie von Photoelektronen

In einem Experiment wurde eine Kathode aus einem bestimmten Material mit einfarbigem Licht unterschiedlicher Wellenlängen λ bestrahlt. Dabei wurde jeweils die maximale kinetische Energie E_{kin} der aus dem Material herausgelösten Elektronen bestimmt. Es ergaben sich die in der Tabelle 1 dargestellten Werte.

λ in nm	405	436	492	546	579	615
E_{kin} in eV	1,12	0,91	0,58	0,33	0,20	0,08

Tabelle 1

Es gilt die Beziehung:

$$E_{kin} = h \cdot f - W_A$$

E_{kin} maximale kinetische Energie der herausgelösten Elektronen

h plancksches Wirkungsquantum

f Frequenz der Lichtes

W_A Austrittsarbeit

Material 3: Angaben zur Austrittsarbeit verschiedener Materialien

Stoff	Kalium	Cäsium	Barium	Wolfram	Zink	Platin
W_A in eV	2,25	1,94	2,52	4,54	4,27	5,36

Tabelle 2

Material 4: Photomultiplier für verschiedene Wellenlängen des Lichtes

Welche Wellenlänge die Photonen haben können, die mit einem Photomultiplier nachgewiesen werden können, hängt vom Material der Kathode ab. Für verschiedene Wellenlängenbereiche gibt es verschiedene Photomultiplier.

Photomultiplier	Material der Kathode	Austrittsarbeit W_A in eV	empfohlene maximale Wellenlänge der Photonen λ_{max} in nm
A	Cs-I	2,7	200
B	Cs-Sb	1,6	650
C	InGaAs(Cs)	0,7	1040

Tabelle 3

Material 5: Photomultiplier

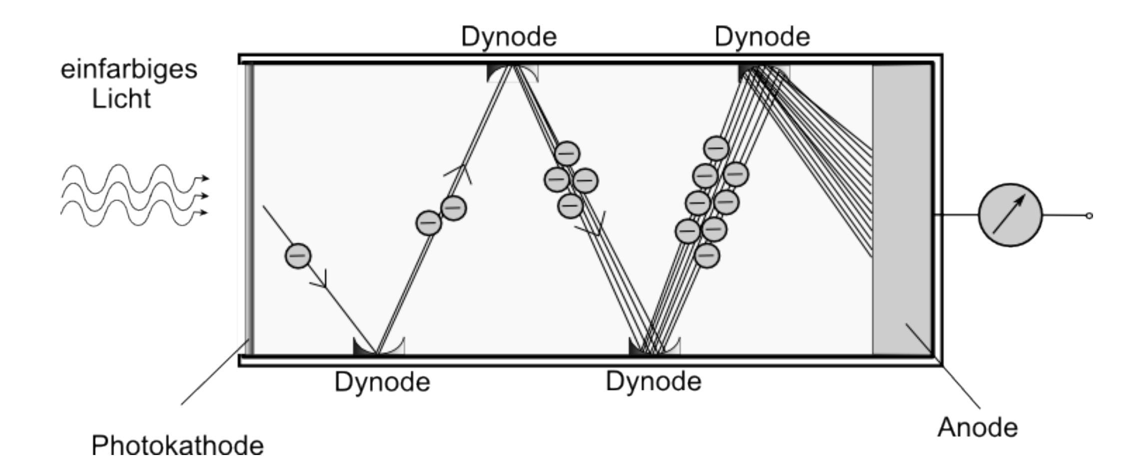


Abbildung 2: Vereinfachter Aufbau eines Photomultipliers

Treffen Photonen durch das Fenster auf die sehr dünne Photokathode, werden die Elektronen im Inneren des Photomultipliers aus der Kathode herauslöst.

Für ein messbares Signal an der Anode muss die Anzahl der Elektronen erhöht werden. Dies wird folgendermaßen realisiert:

Wenn ein Elektron aus der Photokathode nach innen herausgelöst wird, erfolgt eine starke Beschleunigung zu einer Dynode (siehe Abbildung 2). Die Geschwindigkeit des Elektrons wird dabei so groß, dass es beim Auftreffen auf eine Dynode weitere Elektronen herauslöst, die dann zu einer weiteren Dynode beschleunigt werden. Dieser Prozess wiederholt sich mehrere Male. An der Anode kommen dann so viele Elektronen an, so dass ein messbares Signal entsteht. Die Dicke der Schicht der Photokathode beeinflusst dabei entscheidend, ob dieser Prozess stattfinden kann.

Quellen:

1 Teilchendetektoren - Photomultiplier. Fundstelle: http://www.solstice.de/grundl_d_tph/exp_detek/exp_detek_06.html (5.7.2015).

2 Holger Knoblich: Untersuchungen zur Stabilität von Fine-Mesh-Photomultipliern. Fundstelle: https://www-h1.desy.de/psfiles/theses/h1th-806.pdf (5.7.2015).

3 Austrittsarbeit von Elektronen aus Metallen und Metalloxiden. In: Formeln und Tabellen. Duden-Patec Schulbuchverlag, 12. Auflage 2005, Seite 18.

4 Hamamatsu PMT Handbook, Chapter 4. Fundstelle: http://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/PMT_handbook_v3aE-Chapter4.pdf (5.12.2015)

5 S. B. Fairchild, T. C. Back, P. T. Murray, M. M. Cahay and D. A. Shiffler: Low work function CsI coatings for enhanced field emission properties. Fundstelle: http://scitation.aip.org/content/avs/journal/jvsta/29/3/10.1116/1.3581058 (2.12.2015)

6 Caulfield, H. J., Chapman, R. A.: Cesium—Antimony Films in Equilibrium with Cesium Vapor (Abstract). Fundstelle: http://adsabs.harvard.edu/abs/1966JAP....37.4927C (4.12.2015)

7 Foto Abbildung 1: Aufgabenentwickler

Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2016

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung D für Prüflinge

Inhalt:	**Atomkern**
Titel:	**Mit der Radiokarbonmethode auf der Spur eines Vulkan-ausbruchs**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Mit der Radiokarbonmethode auf der Spur eines Vulkanausbruchs

Auf der griechischen Insel Santorin fand im Altertum einer der stärksten Vulkanausbrüche der letzten Jahrtausende statt. Der genaue Zeitpunkt dieses Ereignisses war jedoch viele Jahre umstritten.

Im Jahr 2002 wurde der auf dem Foto abgebildete Ast eines Olivenbaumes gefunden. Dieser Ast gehörte zu einem Baum, der zum Zeitpunkt des Vulkanausbruches noch lebte. Die Analyse des in dem Ast enthaltenen radioaktiven Kohlenstoffes ermöglichte eine sehr genaue Datierung des Ausbruchs.

In den folgenden Aufgaben wird untersucht, wie mit der Radiokarbonmethode der Zeitpunkt des Absterbens des Olivenbaumes und somit der Zeitpunkt der Explosion des Vulkans bestimmt werden konnte.

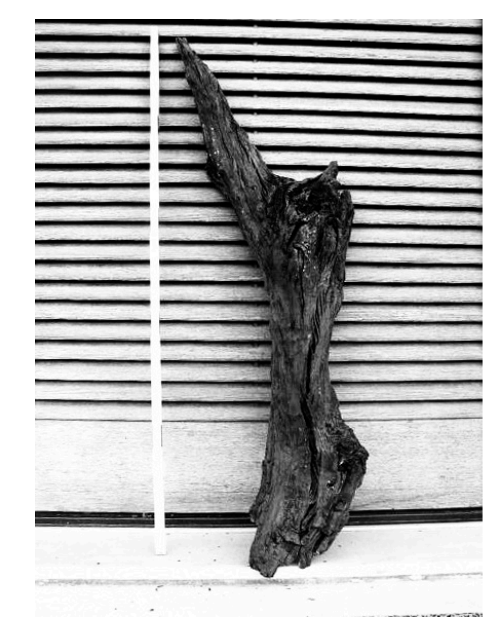


Abbildung 1: Ast eines Olivenbaumes (Foto: Walter Friedrich)

Aufgaben: **BE**

1 Beschreiben Sie die Kernreaktionen sowohl für die Entstehung als auch für den radioaktiven Zerfall des Kohlenstoffs C-14. **10**

Vergleichen Sie den Kohlenstoff $^{14}_{6}C$ mit dem Kohlenstoff $^{12}_{6}C$.

2 Skizzieren Sie in einem Diagramm für ca. 20 000 Jahre den zeitlichen Verlauf der Anzahl der C-14-Atomkerne in 1 g Kohlenstoff eines Baumes, der zum Zeitpunkt 0 abgestorben ist. **10**

Begründen Sie, warum die Radiokarbonmethode nicht zur Datierung von Proben angewendet werden kann, die älter als 60 000 Jahre sind.

3 Berechnen Sie die Aktivität *A* von 1 g Kohlenstoff des Olivenbaumes zum Zeitpunkt des Vulkanausbruchs und 1000 Jahre danach. **10**

4 Bestimmen Sie mit Hilfe der Radiokarbonmethode das Jahr, in dem der Olivenbaum durch den Vulkanausbruch abgestorben ist. **14**

Erklären Sie, warum es für die Genauigkeit des Verfahrens wichtig ist, dass der Olivenbaum zum Zeitpunkt des Ausbruchs noch lebte.

5 Erläutern Sie mögliche Ursachen dafür, dass die Bestimmung des Alters einer kohlenstoffhaltigen Probe heutzutage nicht mehr mit einem Zählrohr durchgeführt wird. **6**

Materialien

Material 1: Physikalische Eigenschaften von C-14

Der radioaktive Kohlenstoff C-14 entsteht ständig durch kosmische Höhenstrahlung. Die Kernreaktion wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p . $$

Der Kohlenstoff C-14 zerfällt mit einer Halbwertszeit T_H von 5730 Jahren.

Es gilt:

$$ {}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e . $$

Material 2: Radiokarbonmethode

Nur ein sehr kleiner Teil des in der Atmosphäre vorkommenden Kohlenstoffs ist radioaktiver Kohlenstoff C-14. Das Verhältnis von ständig neu entstehendem und zerfallendem C-14 ist annähernd konstant. Mit der Aufnahme von Kohlenstoffdioxid wird nicht nur der überwiegend vorhandene Kohlenstoff C-12, sondern auch der Kohlenstoff C-14 von den Pflanzen aufgenommen.

1 g Kohlenstoff in einem lebenden Organismus enthält $5{,}902 \cdot 10^{10}$ Atome des radioaktiven Kohlenstoffs C-14. Da nach dem Absterben eines Lebewesens kein Kohlenstoff mehr aufgenommen wird, sinkt die Konzentration von C-14. Aus der Konzentration an C-14 kann dann das Alter der Probe bestimmt werden.

Material 3: Zerfallsgesetz und Aktivität eines Strahlers

Zerfallsgesetz	$N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_H} \cdot t}$	*N(t)* Anzahl der Atomkerne eines radioaktiven Isotops zum Zeitpunkt *t* N_0 Anzahl der Atomkerne des radioaktiven Isotops zum Zeitpunkt *t* = 0 T_H Halbwertzeit
Aktivität	$A(t) = \frac{\ln 2}{T_H} \cdot N(t)$	*A(t)* Aktivität eines radioaktiven Strahlers zum Zeitpunkt *t* Die Aktivität gibt an, wie viele Kernzerfälle in diesem Strahler in einer Sekunde stattfinden. Die Einheit ist Becquerel: $1\,\text{Bq} = 1\,\frac{1}{\text{s}}$. A_0 Aktivität des Strahlers zum Zeitpunkt *t* = 0

Material 4: Die Datierung des Vulkanausbruchs auf Santorin

Die Wissenschaftler konnten mit Hilfe der Radiokarbonmethode den Zeitpunkt der stärksten Explosion des Vulkans mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen Zeitraum von 27 Jahren eingrenzen. Dazu untersuchten sie den Ast eines Olivenbaumes. Dieser Olivenbaum lebte noch zum Zeitpunkt des Vulkanausbruches und wurde durch die Asche des Vulkans verschüttet. Im Jahr 2006 wurde eine Konzentration von $3{,}810 \cdot 10^{10}$ C-14-Atomen in 1 g Kohlenstoff in diesem Ast bestimmt.

Material 5: Methoden zur Bestimmung der C-14-Konzentration einer Probe

Eine Methode um die C-14-Konzentration zu bestimmen ist die Messung der Aktivität mit Hilfe eines Zählrohres. Dabei wird die Anzahl der β^- - Zerfälle in der Probe gemessen. Um eine Messgenauigkeit von 40 Jahren zu erreichen, müssen 40 000 Zerfälle registriert werden.

Eine zweite Methode ist die direkte Bestimmung der Konzentration durch das Auszählen der C-14-Atome und der C-12-Atome in der Probe mit Hilfe eines Massenspektrografen.

Quellen:

1 Heidelberger Akademie der Wissenschaften: Pressemitteilung vom 27. April 2006. http://www.haw.uni-heidelberg.de/presse/pm_santorin.de.html (25.8.2013)

2 Foto: Walter Friedrich, frei verwendbar, s. http://www.haw.uni-heidelberg.de/presse/pm_santorin.de.html (25.8.2013).

3 Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung: Radiokarbonmethode. http://www.uni-kiel.de/leibniz/Leibniz-web_deutsch/radiokarbonmethode/radiokarbonmethode.htm (25.8.2013)

4 http://de.wikipedia.org/wiki/Radiokarbon-Methode (3.9.2013)